



Doctoral Thesis

Solitary impulse wave run-up and overland flow

Author(s):

Fuchs, Helge

Publication Date:

2013

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-009787661> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH No. 21174

SOLITARY IMPULSE WAVE RUN-UP AND OVERLAND FLOW

A dissertation submitted to

ETH ZURICH

for the degree of

DOCTOR OF SCIENCES

presented by

HELGE FUCHS

Dipl.-Ing., Universität Leipzig

born April 16, 1982

Citizen of Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Robert M. Boes, examiner

Prof. Dr. Willi H. Hager, co-examiner

Prof. Dr. Holger Schüttrumpf, co-examiner

2013

Abstract

Impulse waves are generated by landslides, rockfalls or avalanches impacting a reservoir or natural lake. These long waves generated by the impulse transferred to the water body in combination with the usually short propagation distance within a lake lead to a large damage potential due to wave run-up or dam overtopping. Damages are then caused by (1) direct wave load on structures, (2) driftwood and float impact and (3) their deposits after water retreat. Major historic events occurred at Lituya Bay, Alaska, in 1958, or at the Vaiont Reservoir, Italy, in 1963. Recent events were observed at Lake Chehalis, Canada, or Lake Lucerne, Switzerland, both in 2007, or at the Lower Grindelwald proglacial lake, Switzerland, in 2009.

Whereas previous VAW research aimed at the generation phase of landslide-generated impulse waves with a special focus on the wave characteristics, the current research concentrates on the opposite wave-shore interaction. A particular focus is given to the transition point from the shore slope to the horizontal plane where the orbital wave motion is transformed into a shore-parallel flow. As most literature relates only to plain wave run-up on a linearly-inclined plane and the few studies focussing on wave-induced overland flow are case studies considering only a specific bathymetry, currently no general conclusions on wave-induced overland flow can be drawn.

The present study therefore intends to fill in this gap by physical modeling. Testing involved a new test-setup including a piston-type wave maker to generate solitary waves, and a smooth impermeable PVC shore of height $w = 0.25$ m with a connected horizontal overland flow portion. By varying the shore slope $\tan\beta = 1/1.5$, $1/2.5$ and $1/5.0$, the still water depth $h = 0.16 - 0.24$ m, and the relative wave height $H/h = 0.1 - 0.7$, a wide range of basic parameters was covered. Overland flow depths and front velocities were measured along the shore using Ultrasonic Distance Sensors. Further, flow features were obtained by Particle Image Velocimetry recordings at the transition point. Plain wave run-up on three linearly-inclined PVC shores with $\tan\beta = 1/1.5$, $1/2.5$ and $1/5.0$ was also tested.

The main results of the present study include the maximum wave run-up heights, wave reflection coefficients and the free surface profiles. Prediction equations are specified regarding the onshore flow front propagation, maximum flow depths at the transition point and along the shore, maximum flow velocities at the transition point and in the 'far field' as well as the flow discharge at the transition point.

Kurzfassung

Impulswellen werden in Talsperren oder natürlichen Seen durch Lawinen, Felsstürze oder Landrutschungen erzeugt. Der übertragene Impuls generiert lange Wellen, die infolge der normalerweise kurzen Propagationsdistanz ein enormes Schädigungspotenzial durch Wellenauflaufen oder Überschwappen aufweisen. Die Schäden entstehen durch (1) Wellenschlag gegen Bauten, (2) Anprall von Schwemmmaterial beziehungsweise (3) dessen Ablagerung bei Rückzug des Wassers. Historische Ereignisse traten 1958 in der Lituya Bay, Alaska, oder 1963 an der Vaiont Talsperre in Italien auf. Neuere Ereignisse wurden 2007 am Lake Chehalis in Kanada sowie am Vierwaldstättersee in der Schweiz, oder im Jahr 2009 am Unteren Grindelwaldgletschersee beobachtet.

Im Gegensatz zu früheren Untersuchungen an der VAW, die sich auf die Entstehungsphase von Impulswellen und deren spezifische Eigenschaften bezog, konzentriert sich die aktuelle Forschungsarbeit auf die Auswirkungen der Wellen am Gegenufer. Eine besondere Bedeutung kommt dabei dem Übergangspunkt von Uferböschung zur horizontalen Ebene zu, an dem die orbitale Wellenbewegung in eine gerichtete Uferüberströmung umgewandelt wird. Die vorhandene Literatur bezieht sich entweder auf Wellenauflauf auf ein linear geneigtes Ufer, oder untersucht eine Überlandströmung nur für eine spezifische Parameterkombination. Gegenwärtig können daher keine allgemeingültigen Aussagen zu welleninduzierter Überlandströmung getroffen werden.

Die vorliegende Arbeit will diese Wissenslücke basierend auf physikalischen Modellversuchen schliessen. Für die Untersuchungen wurde ein neuer Versuchsaufbau eingerichtet. Dieser beinhaltet neben einem Translationswellengenerator zum Erzeugen von Solitärwellen ein $w = 0.25$ m hohes, glattes und undurchlässiges PVC-Ufer mit angeschlossener horizontaler Ebene. Die Parameterstudie umfasst die Variation der Böschungsneigung $\tan\beta = 1/1.5, 1/2.5$ und $1/5.0$, der Ruhewassertiefe $h = 0.16 - 0.24$ m und der relativen Wellenhöhe $H/h = 0.1 - 0.7$. Abflusstiefen und Frontgeschwindigkeiten wurden entlang des Ufers mit Ultraschall-Distanz-Sensoren ermittelt. Zusätzlich wurde das Strömungsfeld am Übergangspunkt mithilfe der Particle Image Velocimetry erfasst. Wellenauflauf auf eine durchgehende, $\tan\beta = 1/1.5, 1/2.5$ und $1/5.0$ geneigte Ebene wurde als vereinfachter Fall zusätzlich untersucht.

Als Hauptergebnis der vorliegenden Arbeit wurden maximale Auflaufhöhen, Reflektionskoeffizienten und die Wasserspiegellagen analysiert. Weiterhin werden Gleichungen angegeben zur Abschätzung von Abflusstiefen entlang des Ufers, der maximalen Strömungsgeschwindigkeiten am Übergangspunkt und im 'Fernfeld' sowie des maximalen Abflusses am Übergangspunkt.